



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 57 888 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 04 B 1/06
H 04 H 1/00

⑳ Aktenzeichen: 198 57 888.1
㉔ Anmeldetag: 17. 12. 1998
㉕ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 198 57 888 A 1

㉑ Anmelder:
Becker GmbH, 76307 Karlsbad, DE

㉒ Vertreter:
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

㉓ Erfinder:
Förster, Michael, Dipl.-Ing., 75181 Pforzheim, DE;
Dibos, Hermann, Dipl.-Ing., 75196 Remchingen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 38 42 411 A1
DE 69 119 04 8T2
US 57 74 195 A
US 55 32 762 A
US 50 72 297
EP 06 89 308 A1
EP 06 41 076 A1
WO 93 09 615 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger

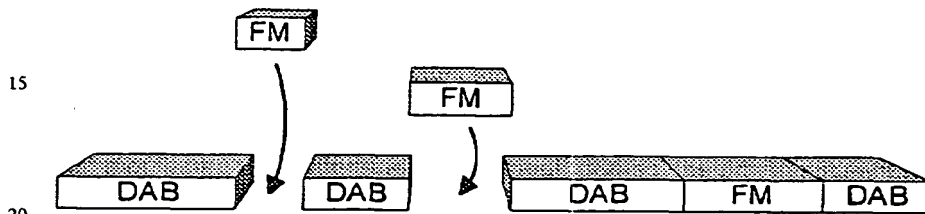
DE 198 57 888 A 1

1. EINLEITUNG

Wir stehen kurz von der Einführung eines neuen digitalen Rundfunks, DAB genannt.

Da die Flächendeckung von DAB im Vergleich zu FM-Rundfunk im Moment noch sehr gering ist, wird der DAB-Hörer mit Einbußen in der Empfangsqualität und der Programmvietalt rechnen müssen.

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, eine Strategie zu entwickeln, die bei schlechten DAB-Empfangsverhältnissen auf das gleiche oder ein gleichwertiges Programm auf FM umschaltet, um dem Hörer sein gewähltes Programm immer in der bestmöglichen Empfangsqualität anzubieten und gleichzeitig Bedienkomfort und Funktionalität des Systems 211 erhöhen.



VERWENDETE ABKÜRZUNGEN:

AM: Amplitudenmodulation

DAB: Digital-Audio-Broadcasting

EId: Ensemble-Identifier; identifiziert ein bestimmtes DAB-Ensemble (Länge: 32 Bit)

FIB: Fast-Information-Block

FIC: Fast-Information-Channel

FIG: Fast-Information-Group

FM: Frequenzmodulation

OE: Other Ensembles; signalisiert, welche anderen Ensembles/Services zu empfangen sind

PI: Program-Identifier; identifiziert ein bestimmtes FM-RDS-Programm (Länge: 16 Bit)

RDS: Radio-Data-System

SId: Service-Identifier; identifiziert einen bestimmten DAB-Service

TA: Traffic Announcement/Verkehrsmeldung

TI: Transmitter-Identification-Information

GPS: Global-Positioning-System

2. PROBLEMANALYSE

Sowohl am Anfang, als auch im Verlauf eines jeden Projektes steht man vor Problemen, die diskutiert und gelöst werden müssen. Das besondere an dieser Thematik ist es, daß hier die digitale Rundfunkwelt, in Form von DAB, mit der analogen Rundfunkwelt aufeinander trifft.

An dieser Stelle sollen nun die Merkmale, Anforderungen, Vorteile und Einschränkungen eines solchen Systems erläutert werden.

2.1 PRINZIPIELLE ÜBERLEGUNGEN

2.1.1 ANFORDERUNG AN EIN DIVERSITY-SYSTEM

Ziel eines Diversity-Systems ist es, dem Hörer permanent einen möglichst optimalen Empfang zu ermöglichen, ohne störende Unterbrechungen oder Umschaltgeräusche.

Hochwertige FM-Doppeltuner-Lösungen bewältigen heutzutage diese Aufgabe unbemerkt, da die FM-Tuner sehr schnelle Frequenzwechsel beherrschen, sowie über eine reaktionsschnelle Qualitätsbewertung verfügen.

Wenn allerdings ein digitales System, wie z. B. DAB, mit einem FM-Empfänger zu einem Diversity-System kombiniert wird, ergeben sich einige Probleme und Einschränkungen, die nach einer genaueren Analyse verlangen (siehe 2.1.2).

2.1.2 SCHWÄCHEN VON DAB GEGENÜBER FM

- DAB-Audiosignal ist gegenüber FM um ca. 0,5 ... 2 sec zeitverzögert
- Das Qualitätskriterium des verwendeten DAB-Empfängers reagiert sehr langsam (siehe 4.2.3)
- Die entstehenden Störgeräusche bei schlechtem Empfang sind für den Hörer inakzeptabel
- Die Qualität des Audiosignals bleibt bei schlechter werdendem Empfang bis zu einem gewissen Punkt einwandfrei, nimmt dann aber rapide ab.
- Lange Umschaltzeiten (ca. 0,7 sec) zwischen verschiedenen Frequenzen (Ensembles), bedingt durch Synchronisationsvorgänge, Time-Deinterleaving und Audio-Decodierung des Signals (Vgl.: Dauer des Frequenzwechsels bei FM < 1,5 ms). Dieser Sachverhalt wird durch Abb. 2.1 verdeutlicht.

es notwendig, daß inhaltlich gleiche DAB- und FM-RDS-Programme einander zugeordnet werden können. Die jeweiligen Spezifikationen sehen, unter anderem, die nachfolgend beschriebenen Mechanismen vor. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Programmverweisen:

Hardlink

Unter einem Hardlink versteht man den festen Verweis auf ein inhaltlich identisches Programm, der in den Zusatzdaten (z. B. RDS) des verweisenden Service verankert ist.

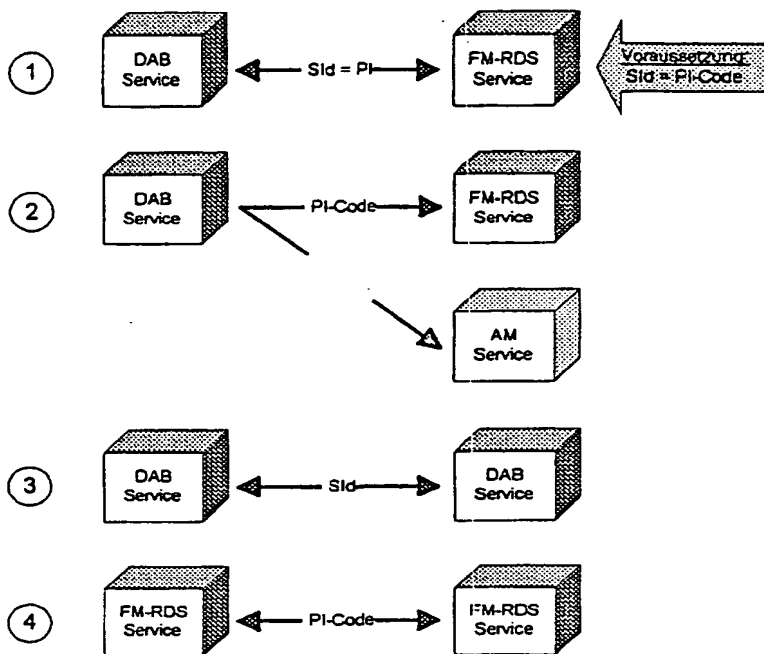
Softlink

Von einem Softlink spricht man, wenn ein Service auf einen inhaltlich assoziierten Service verweist. Ein Beispiel hierfür sind die Programme-Types (PTy's), welche dazu dienen, den Programminhalt des gewählten Service nach Art oder Musikstil zu klassifizieren (z. B. Nachrichten, Pop, Klassik, Katastrophenalarm).

2.4.1 Inhaltlich gleiche Programme

Abb. 2.2

Verschiedene Hardlinks zwischen DAB und FM



2.1.5 GEWÄHLTER LÖSUNGSWEG

2.1.5.1 Service-Erkennung

Die Umschaltung zwischen Services gleichen Inhalts wurde als Softlink ausgeführt, wobei die Erkennung der Services über den DAB-Sid, bzw. über den RDS-PI-Code erfolgt. Die Verwendung von einem Hardlink, in diesem Fall der Verweis auf den RDS-PI-Code im DAB-FIC, wurde nicht implementiert, da dieser Hardlink in Baden-Württemberg nicht verfügbar ist. Die Umschaltung auf inhaltlich ähnliche Services, unter Zuhilfenahme von PTy's, wurde ebenfalls nicht umgesetzt, da dieser Mechanismus auch noch nicht ausreichend verfügbar ist (in Baden-Württemberg nur im Band III).

Keine OE's, da nicht vorhanden.

Das FM-Radio übernimmt die FM-Senderkettenverfolgung, in gewohnter Art und Weise, über die Alternativ-Frequenzen (AF-Tables), die im RDS-Datenstrom ausgestrahlt werden. Dieser Mechanismus war bereits im FM-Gerät vorhanden und bedurfte keiner besonderen Behandlung. Die Möglichkeit, die Umschaltstrategie durch GPS zu unterstützen, erfuhr im Rahmen der Diplomarbeit nur eine ausführliche theoretische Betrachtung (siehe 4.5), da auch hier die benötigten Daten im DAB-Datenstrom fehlten.

2.1.5.2 NF-Umschaltung

Die Umschaltung zwischen dem DAB- und dem FM-NF-Signal wurde verzögerungs- und knackfrei ausgeführt. Subjektive Tests ergaben, daß sich eine verzögerungsfreie Umschaltung, trotz der Signalverzögerung zwischen DAB und FM, wesentlich weniger störend auswirkt als eine Umschaltung, bei der für Zeitspanne (1 ... 5 sec) das Signal stumm-

geschaltet wird, um die Signalverzögerung zu kaschieren. Die Umschaltung wurde mit dem I²C-Bus-gesteuerten Audio-Prozessor TDA7310 der Fa. SGS-Thomson realisiert, da dieser bereits im FM-Radio vorhanden ist und sich für diesen Zweck als geeignet herausstellte.

2.1.5.3 Qualitätsbewertung des DAB-Signals

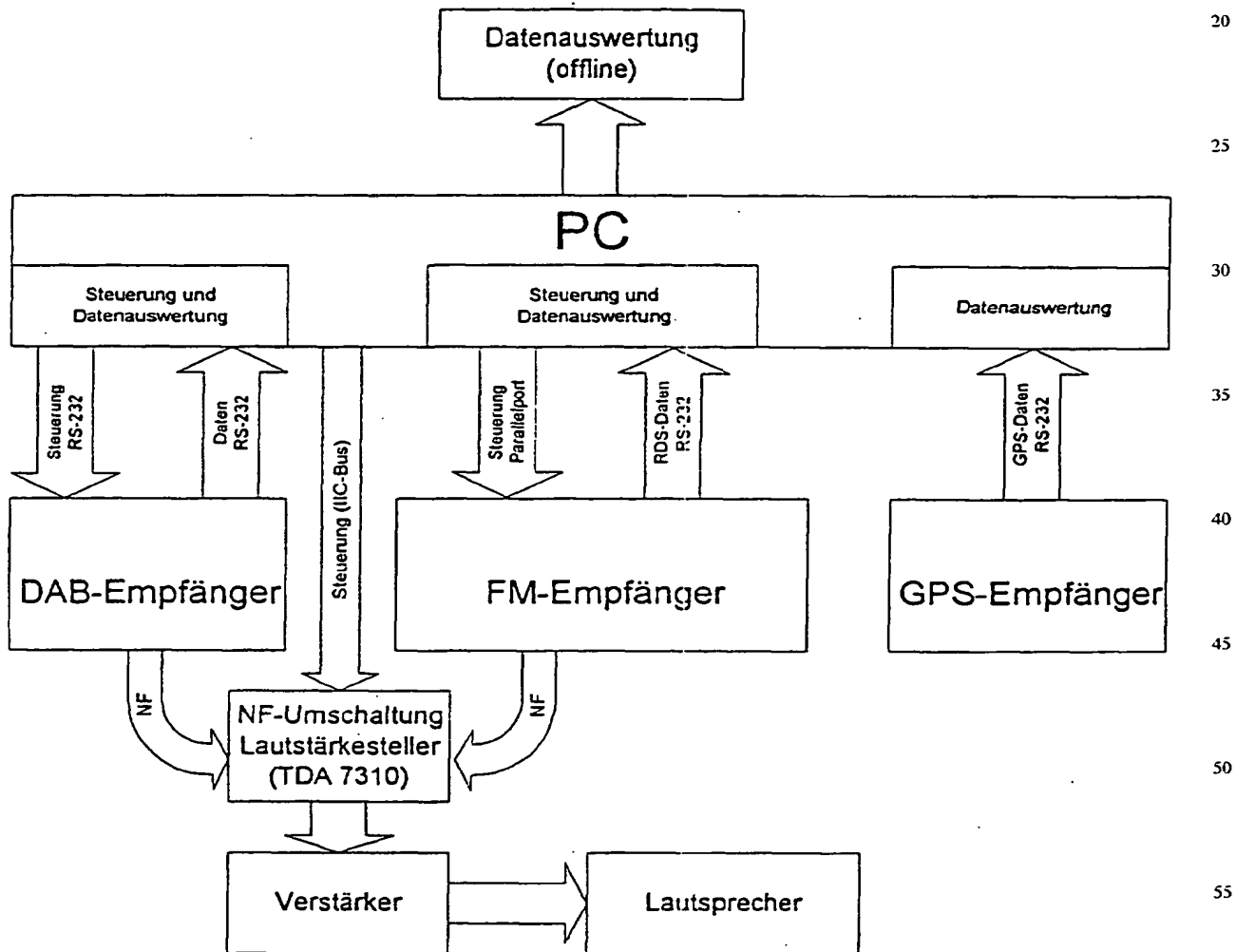
Hierzu wurde in der Software eine Mittelwertfilterung des EFC vorgesehen, dessen Charakteristik sich in der Radiosoftware online verändern läßt. Zusätzlich zur Mittelwertkontrolle wurde auch eine Überwachung des Momentanwerts des EFC implementiert, um etwaigen kurzzeitigen Einbrüchen im Empfang Rechnung zu tragen. Diese Überwachung läßt sich ebenfalls online parametrieren.

Diese Bewertungsstrategie wurde später durch Tests optimiert. Die Ergebnisse und die Charakteristik der Umschaltung wird unter Punkt 4.1 beschrieben.

3.1 Funktionsweise des Systems

Abb. 3.1

Blockschaltbild des Testsystems



Das System gliedert sich in vier Funktionsblöcke:

- DAB-Empfänger
- FM-Empfänger
- GPS-Empfänger
- stationärer PC oder Laptop

Die drei Empfänger sind mit je einer seriellen Schnittstelle (RS-232) ausgestattet, die, über externe Pegelwandler, an einen PC angeschlossen sind. Auf dem PC läuft eine Software die zur Aufgabe hat, den DAB-Empfänger und das FM-Radio zu steuern, sowie die für die Beurteilung der Empfangsqualität relevanten Daten des DAB- und FM-Empfängers

auszulesen, zu bewerten und daraus eine Umschaltstrategie abzuleiten. Ferner werden die ausgelesenen Daten zusammen mit den aktuellen GPS-Daten, sprich mit der aktuellen geographischen Position, der aktuellen Uhrzeit, dem Datum, sowie der Geschwindigkeit und dem Kurs in einer Datei abgespeichert. Diese Daten stehen dann für eine spätere Auswertung (visuelle Darstellung, o. ä.) zur Verfügung. Die Umschaltung der NF-Quelle (DAB oder FM), sowie die Lautstärkeinstellung erfolgt, über einen I²C-Bus gesteuert, im Soundcontroller TDA7310 des Becker FM-Radios.

3.2 DER GRUNDIG DAB-EMPFÄNGER

3.2.1 HARDWARE

Der eingesetzte DAB-Empfänger ist mit einer sogenannten DAPI-Schnittstelle (DAB application programmable interface) ausgestattet. Diese Schnittstelle ermöglicht einen einfachen Zugriff auf die Funktionen des Empfängers. Es existiert eine Auswahl von Kommandos für die wichtigsten Funktionen wie z. B. Senderwechsel, Frequenzwechsel und das Auslesen von Daten wie z. B. Sendername, Frequenz und Bitfehlerrate. Die Kommunikation erfolgt über ein RS-232 Interface und ein von Grundig spezifiziertes Software-Protokoll. Auf genaue Details zu den Kommandos und dem Protokoll soll hier aus Gründen der Vertraulichkeit verzichtet werden. Weiterhin bleibt noch zu bemerken, daß für den Empfänger noch ein EMV-gerechtes Anschlußfeld hergestellt werden mußte, da diverse EMV-Messungen dies anzeigten.

3.2.2 SOFTWARE

Für den DAB-Empfänger mußte zu Testzwecken eine Windows-Oberfläche erstellt werden, welche die DAPI-Kommunikation steuert, sowie einige der DAPI-Kommandos bereitstellt, um zunächst sicherzustellen, ob dieser Empfänger über die geeigneten Mechanismen verfügt, die eine Diversity-Strategie ermöglichen. Da dieses Programmmodul als Bestandteil der endgültigen Software des Testsystems dienen sollte, wurde sie später um weitere Funktionen erweitert. Die detaillierte Beschreibung dieser Software findet sich im Anhang.

3.2.3 QUALITÄTSBEWERTUNG DES DAB-SIGNALS

Der vom DAB-Empfänger bereitgestellte Error-Flag-Counter gibt die Anzahl der aufgetretenen Bitfehler im FIC wieder, die über einen Zeitraum von 100 CIF's (Common Interleaved Frames) \approx 2,4 sec auftraten. Diese Kenngröße läßt eine zuverlässige Qualitätsbewertung zu, allerdings mit dem Nachteil der etwas langsamen Reaktionszeit. Sehr kurze und starke Empfangsstörungen können somit nicht ausreichend erfaßt werden.

Funktion des EFC's genauer beschreiben (Genauigkeit $10 \exp -4$)

Nach Durchführung intensiver Tests ergaben sich folgende Richtwerte zur Bewertung:

Abb. 3.2

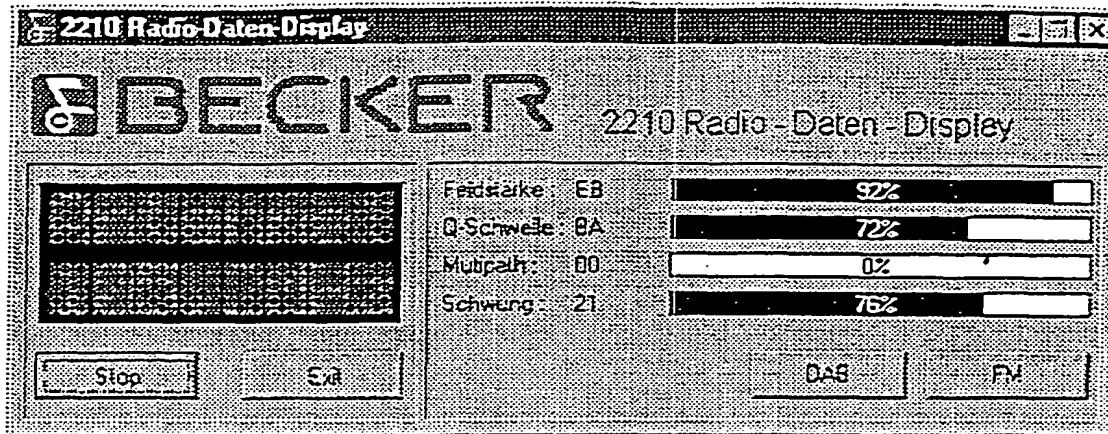
DAB Q-Bewertung

Error Flag Counter (Bitfehler pro 100CIF)	Auswirkung	subjektive Bewertung	Reaktion
bis 3500	störungsfreier Empfang	optimal	kein Eingreifen erforderlich
3500 - 4500	leichte Störungen	tolerierbar	kein Eingreifen erforderlich evtl. Eingriff vorbereiten
ab 4500	einsetzende starke Störungen	nicht tolerierbar	Eingreifen notwendig

Diese Richtwerte besitzen einen gewissen Spielraum nach oben, um der etwas langsamen Reaktionszeit des EFC von 2,4 sec Rechnung zu tragen.

Abb. 3.3

Testsoftware für FM-Radio



3.3.3 QUALITÄTSEBWERUNG DES FM-SIGNALS

Das FM-Radio stellt folgende Qualitätsparameter zur Verfügung:

- Feldstärkewert (1 Byte)
- Multipathwert (1 Byte)
- RDS-Schwungzähler (1 Byte)

Nach Absprache mit einem Mitarbeiter der Softwareentwicklung des Hauses Becker ergaben sich folgende Richtwerte zur Bewertung Qualitätsparameter:

Abb. 3.4

FM-Qualitätsbewertung

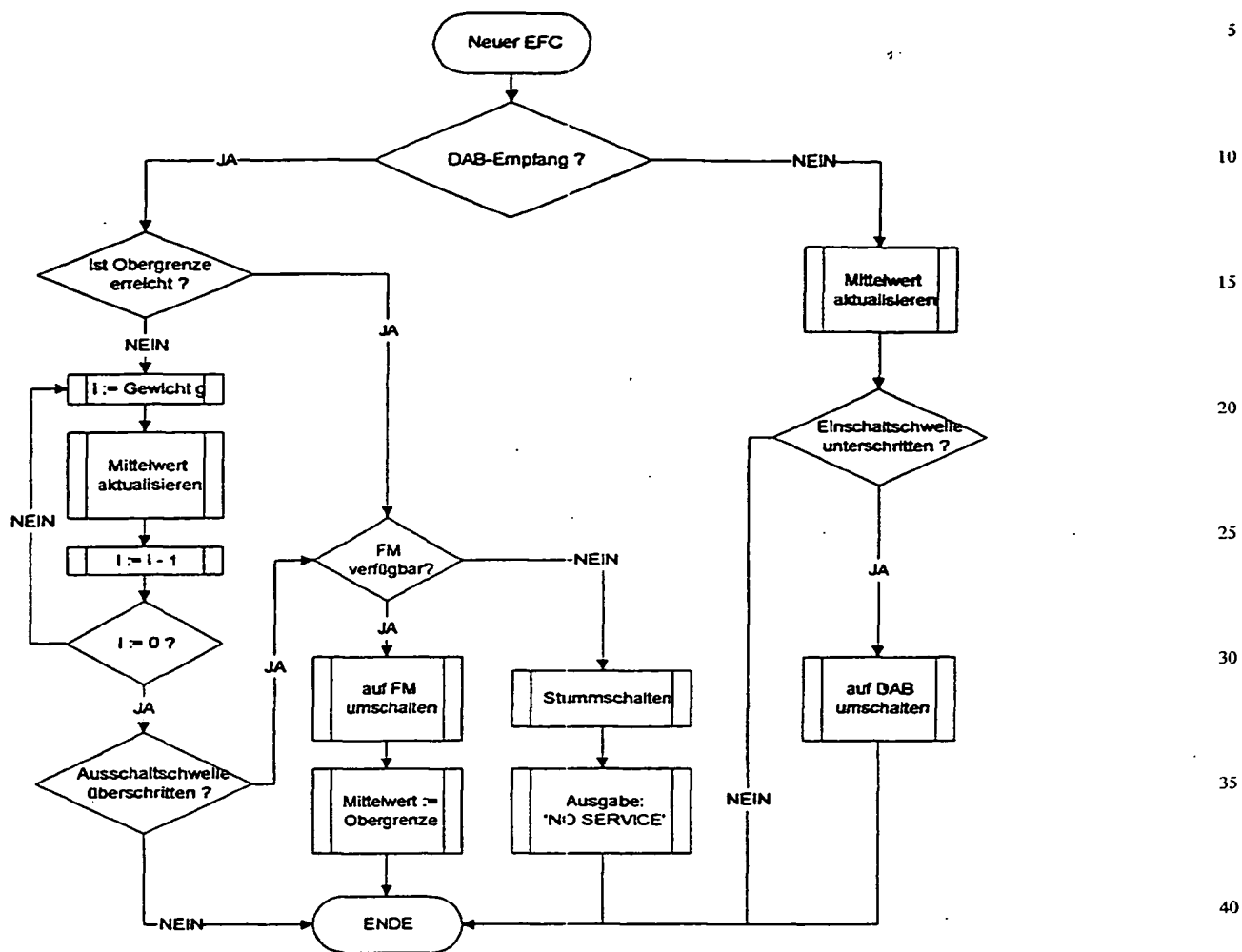
Parameter	Wert	Bewertung	Reaktion
Feldstärke	> 06ah	obere Stereoschwelle	keine
Feldstärke	< 073h	untere Stereoschwelle	Eingreifen erforderlich
Feldstärke	< 024h	kein RDS-Empfang	Eingreifen erforderlich
Multipath	< 05h	unkritisch	keine
Multipath	05h ... 010h	kritisch	Eingreifen erforderlich
Multipath	> 020h	extreme Störungen	Eingreifen erforderlich
RDS-Schwungzähler	09h ... 012h	Minimum für RDS-Empfang	Qualität der RDS-Daten ist schlecht
RDS-Schwungzähler	040h ... 043h	Maximum für RDS-Empfang	Qualität der RDS-Daten ist hoch

4. ERGEBNISSE

Nachfolgend finden sich die Diskussion der Ergebnisse, sowie einige theoretische Betrachtungen und Ausblicke.

Abb. 4.2

Vereinfachtes Flußdiagramm der Umschaltstrategie



4.3 STRATEGIE ZUR BEHANDLUNG VON VERKEHRSMELDUNGEN

In einem Doppeltuner-Empfänger ergeben sich bezüglich der Behandlung von Verkehrsmeldungen (sog. Traffic-Announcements, kurz TA) einige Besonderheiten, die hier kurz betrachtet werden sollen.

4.3.1 ARTEN DER SIGNALISIERUNG VON TA'S

Im FIC des DAB-Datenstromes existieren zwei Möglichkeiten, TA's zu signalisieren:

- Es wird ein TA im momentan genutzten Service signalisiert
- Es wird ein TA signalisiert, das in einem anderen Ensemble ausgestrahlt wird (sog. Other-Ensemble-Signalisierung, kurz OE-Signalisierung)

Hinzu kommen dann noch die TA's, die im FM-RDS ausgestrahlt werden

4.3.2 SINNVOLLE NUTZUNG DER TA'S

Im Folgenden werden einige Empfehlungen dargestellt, die eine möglichst sinnvolle Nutzung der TA's ermöglichen sollen.

1. Ein momentan gehörtes TA sollte nicht durch ein anderes TA unterbrochen werden.
2. Bei gleichzeitigem Auftreten von mehreren TA's hat immer das TA Vorrang, dessen zugehöriges Programm gerade genutzt wird.
3. Von einer Nutzung der OE-Signalisierung ist Abstand zu nehmen, da es einen Wechsel des Ensembles bedingt, welcher das Risiko birgt, daß das signalisierte Ensemble im Moment nicht empfangbar ist. Es entsteht dann eine,

durch den Wechsel bedingte, Pause von mehreren Sekunden, welche sich für den Benutzer als sehr störend auswirkt.

4. Bei gutem DAB-Empfang kann der FM-Tuner die Aufgabe übernehmen, im Hintergrund das FM-Band zyklisch nach RDS-TA's abzusuchen, welche dann dem Benutzer (unter Beachtung von Punkt 1 und 2) in seinen laufenden DAB-Service eingespielt werden können.

Anmerkung

10 Die Behandlung von TA's beschränkte sich im Rahmen der Diplomarbeit auf die theoretische Betrachtung, da in Baden-Württemberg zu diesem Zeitpunkt die notwendigen Daten im FIC nicht zur Verfügung standen.

4.5 BEDEUTUNG VON GPS IN DAB/FM-DIVERSITY-SYSTEMEN

15 Das Vorhandensein einer Selbststörungsmöglichkeit eines DAB-Empfängers, z. B. mit Hilfe von GPS, eröffnet neue Betrachtungswinkel im Bezug auf Diversity-Systeme. Da mittlerweile Navigationssysteme im Fahrzeug immer mehr an Bedeutung gewinnen, ist durchaus denkbar, daß in solchen Geräten GPS zur Unterstützung des Diversity-Systems eingesetzt werden könnte. Im FIC des DAB-Signals können von den Sendeanstalten einige Daten eingespeist werden, die zu diesem Zweck durchaus geeignet sind. Einige Möglichkeiten der Umsetzung sollen im Folgenden beschrieben werden.

4.5.1 REGION-IDENTIFIER

25 Mit Hilfe des Region-Identifiers kann ein Sendegebiet durch Angabe der geographischen Breite und Länge der Eckpunkte eines Rechtecks definiert werden. Wenn nun ein Empfänger über ein Ortungssystem (GPS) verfügt, kann auf einfache Art und Weise bestimmt werden, ob sich der Empfänger im Sendegebiet befindet oder es gerade verläßt. Es kann dadurch eine Abschätzung getroffen werden, ob qualitativ hochwertiger Empfang möglich ist oder nicht. Anhand dieser Abschätzung können dann die Qualitätsbewertungskriterien entsprechend angepaßt werden. Ebenfalls kann eine Selbstlernfunktion implementiert werden, in der Form, daß der Empfänger alle empfangenen Region-Id's speichert und somit über das Ortungssystem in der Lage ist, zu erkennen, wenn in einen neuen Sendebereich eingefahren wird. Eine solche Funktionalität hat den Vorteil, daß ein Suchlauf gezielt gestartet werden kann, wenn, angezeigt durch einen gespeicherte Region-Id, neue Services vermutet werden können. Ein solches adaptives System hat den Vorteil, daß dem Benutzer, in den von ihm häufig befahrenen Gebieten, bei minimalem Bedienaufwand eine möglichst optimale Programmvvielfalt angeboten werden kann.

4.5.2 TRANSMITTER-IDENTIFICATION-INFORMATION (TII)

35 Die TII enthält die geographischen Koordinaten der Sendeanlagen, die an der Übertragung des entsprechenden Ensembles beteiligt sind. Es liegt nahe, diese Information ähnlich zu nutzen, wie schon unter 4.5.1 beschrieben. Der Unterschied liegt nur darin, daß, unter Kenntnis der Eigenposition, die Abstände zu den umliegenden Sendern bestimmt werden können. Somit kann dann ebenfalls eine grobe Abschätzung darüber getroffen werden, wie sich die Empfangsqualität verhalten wird. Die Bewertungskriterien können dann entsprechend angepaßt werden. Eine adaptive Lösung ist ebenfalls denkbar; sie könnte folgendermaßen aussehen: Jeder bereits empfangenen TII wird ein Radius zugeordnet, der durch die Beobachtung des Qualitätsverlaufs festgelegt wird. Es entsteht eine Datenbank in der alle bereits empfangenen Sendestationen mit ihrer geschätzten Reichweite enthalten sind. Der Empfänger ist nun in der Lage im Voraus zu erkennen, wann in ein Sendegebiet eingefahren wird und kann, entsprechend der Datenbank, gezielt einige wenige Frequenzen zyklisch scannen.

Patentansprüche

- 50 1. DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger mit einem RDS-Decoder zur Bestimmung der Programmbezeichnung des eingestellten FM-Rundfunkprogrammes, mit einem DAB-Decoder zur Bestimmung der Programmbezeichnung des eingestellten DAB-Rundfunkprogrammes, mit einer Qualitätsbewertungseinheit zur Bewertung der Empfangsqualität des DAB-Empfängers und des RDS-FM-Empfängers,
- 55 mit einer Steuereinheit, die den DAB-Empfänger und den RDS-FM-Empfänger so steuert, daß sie Programme mit entsprechender Programmbezeichnung empfangen, mit einem Schalter, der gesteuert durch die Steuereinheit qualitätsabhängig eingangsseitig zwischen dem DAB-Empfänger und dem RDS-FM-Empfänger umschaltet und das zugeführte Empfangssignal einem Ausgang des
- 60 DAB-Empfängers mit RDS-FM-Empfänger zuführt.
2. DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einheit zur Bildung über einen vorgegebenen Zeitraum gemittelte Qualitätswerte vorgesehen ist und deren gemittelte Qualitätswerte der Steuereinheit zugeführt werden.
3. DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit zur Bildung gemittelte Qualitätswerte so ausgebildet ist, daß der vorgegebene Zeitraum zur Mittelung der Qualitätswerte des RDS-FM-Empfängers länger gewählt ist als der vorgegebene Zeitraum für den DAB-Empfänger.
- 65 4. DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit so ausgebildet ist, daß vor einer Programmumstellung oder vor einem Sendersuchlauf des DAB-Empfängers

fängers der Schalter so gesteuert wird, daß das Empfangssignal des RDS-FM-Empfänger über den Schalter dem Ausgang zugeführt wird.

5. DAB-Empfänger mit einem RDS-FM-Empfänger nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit so ausgebildet ist, daß nach einer Programmumstellung oder nach einem Sendersuchlauf des DAB-Empfängers der Schalter so gesteuert wird, daß das Empfangssignal des DAB-Empfängers über den Schalter dem Ausgang zugeführt wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)